Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.4, Winter 2022, P. 605-619
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۶۱۹-۶۰۵
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله پژوهشی

بررسی اثرات کائولین و اسید سالیسیلیک بر عملکرد و برخی پاسخ‌های فیزیولوژیکی زیتون تحت تنش خشکی

صادق عزیزی فر[1]- وحید عبدوسی[2]*- رحمت اله غلامی[3]- مهرداد قوامی[4]- علی محمدی ترکاشوند[5]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۰۷

چکیده

کمبود آب و تنش خشکی ناشی از آن یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید محصولات کشاورزی در مناطق گرمسیر و نیمه گرمسیر است. در این آزمایش اثر کاربرد مستقل و برهمکنش اسید سالیسیلیک و کائولین بر تحمل به تنش خشکی در زیتون در دو سال ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ بررسی شده است. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. برای این کار درختان ۱۴ ساله زیتون رقم 'زرد' با استفاده از تیمارهای آب مقطر (شاهد)، یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید، کائولین ۲/۵ درصد و کاربرد ترکیبی سالیسیلیک اسید+ کائولین محلول‌پاشی شده و پس از آن تحت سه رژیم آبیاری متفاوت (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی درخت) قرار گرفتند. نتایج نشان داد که در هر دو سال انجام آزمایش، با افزایش سطح کم‌آبیاری میزان عملکرد کل به‌طور معنی‌داری کاهش (۱۰ تا ۳۰ درصد) یافت. کاهش سطح آبیاری منجر به افزایش نشت یونی و مالون دی آلدهید، فنل کل و پرولین شد. همچنین با کاهش سطح آبیاری محتوای آب نسبی و کلروفیل به طور معنی‌داری کاهش یافت. نتایج نشان داد که محلول‌پاشی درختان زیتون با سالیسیلیک اسید و کائولین سبب کاهش نشت یونی و مالون دی آلدهید شده و محتوای رطوبت نسبی، کلروفیل، فنل و عملکرد کل را نسبت به شاهد بهبود دادند. همچنین محلول‌پاشی به‌وسیله سالیسیلیک اسید سبب افزایش معنی‌دار پرولین و کربوهیدرات کل شده و تیمار کائولین تأثیر معنی‌داری بر این صفات نداشت. در بیشتر صفات مورد ارزیابی استفاده هم‌زمان از تیمارهای سالیسیلک اسید و کائولین تأثیر هم‌افزایی نداشت. بنابراین برای کاهش آثار تنش در درخت زیتون استفاده از تیمارهای سالیسیلک یا کائولین به‌صورت جداگانه توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پرولین، درصد روغن، فنل، کربوهیدرات، کم‌آبیاری

مقدمه

در دسترس بودن آب برای آبیاری محصولات یکی از چالش‌های جدی برای حال و آینده جهان است (۲۵ و ۲۹). مناطق خشک در بسیاری از نقاط جهان در حال افزایش است و تولید کشاورزی را محدود می‌کند. ایران با میانگین بارندگی ۲۵۰ میلی‌متر در کمربند خشک جهان قرار دارد و حدود ۷۰ درصد سطح کشور در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار دارد (۸). کمبود آب و تنش خشکی ناشی از آن بر رشد و بهره‌وری گیاهان تأثیر منفی داشته و باعث ایجاد تغییرات چشمگیر در فیزیولوژی و بیوشیمیایی گیاه می‌شود (۱۰ و ۱۳). خشکی بر پتانسیل آب گیاه، تقسیم سلولی، فتوسنتز، کلروفیل و سنتز پروتئین تأثیر منفی گذاشته و از این طریق رشد و عملکرد گیاه را کاهش می‌دهد (۳). همچنین تنش خشکی منجر به تولید گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن (ROS) شده و آسیب اکسیداتیو ایجاد می‌کند (۳۰). درخت زیتون، یک گیاه همیشه سبز بومی منطقه مدیترانه است، در فصل تابستان اغلب در معرض کمبود آب همراه با درجه حرارت بالا و شدت نور زیاد قرار می‌گیرد. اگرچه این درخت به خوبی با شرایط سخت سازگار است، اما در شرایط تنش، منابع انرژی آن در مکانیسم‌های دفاعی استفاده شده و رشد گیاه و بهره‌وری آن کاهش

۱، ۲ و ۵- به‌ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیاران گروه علوم باغبانی و زراعی، دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: abdossi@srbiau.ac.ir)
۳- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران
۴- استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

DOI: 10.22067/JHS.2021.67469.1002

می‌یابد (۹ و ۱۱).

در مناطق با شیوع خشک‌سالی، استفاده از تکنیک‌های حفظ و صرفه جویی در مصرف آب در تولید محصولات کشاورزی بسیار مهم و اساسی است. یکی از روش‌های افزایش بهره‌وری آب استفاده از مواد ضد تعرق است (۱). کائولین یک ماده معدنی رسی آلومینوسیلیکات ($Al_4Si_4O_{10}$ $(OH)_8$) غیر سمی است. کاربرد کائولین از طریق افزایش بازتاب نور، دمای برگ را کاهش می دهد و در گیاهانی که در سطوح بالای تابش خورشید رشد می کنند، میزان تعرق را بیش از فتوسنتز کاهش می‌دهد (۲۲). کاربرد این ترکیب معمولاً به‌صورت یک پودر سفیدرنگ کاملاً تصفیه‌شده است که در کشاورزی ارگانیک مورداستفاده قرار می‌گیرد، زیرا محصولات تیمار شده با محلول کائولین پس از برداشت برای مصرف بی خطر هستند (۱۴). استفاده از کائولین بر روی زیتون به‌طور مؤثری اثرات نامطلوب تنش محیطی را کاهش داده و منجر به افزایش عملکرد می‌شود (۵).

سالیسیلیک اسید به‌عنوان یک مولکول سیگنالینگ قوی در گیاهان با تنظیم عملکردهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در مکانیسم‌های دفاعی نقش دارد و تأثیرات گوناگونی بر تحمل گیاه به عوامل زیستی و غیر زیستی دارد (۲۳ و ۲۴). فعال‌سازی سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی، تولید متابولیت های ثانویه، سنتز اسمولایت‌ها، بهینه سازی وضعیت مواد معدنی و حفظ تعادل مناسب بین فتوسنتز و رشد از نقش‌های سالیسیلیک اسید در گیاهان می‌باشد که به تحمل شرایط تنش کمک می‌کند (۲۰). تیمار سالیسیلیک اسید منجر به تعویق سنتز اتیلن، بهبود فتوسنتز، افزایش محتوای کلروفیل و همچنین کاهش تعرق در گیاهان می‌شود (۲۳).

اگرچه اطلاعات زیادی درباره اثر جداگانه کائولین و اسید سالیسیلیک در گیاهان تحت تنش موجود است، ولی کاربرد هم‌زمان این مواد نیاز به بررسی بیشتر دارد. بنابراین در تحقیق حاضر اثرات کاربرد مستقل و برهمکنش اسید سالیسیلیک و کائولین بر تحمل تنش کم‌آبی در زیتون در شرایط مزرعه بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در ایستگاه تحقیقات زیتون دالاهو واقع در استان کرمانشاه انجام شد. مواد آزمایشی این تحقیق درختان ۱۴ساله رقم 'زرد' بودند. این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی در این تحقیق شامل محلول‌پاشی برگی (شاهد، یک میلی-مولار سالیسیلیک اسید، ۲/۵ درصد کائولین و کاربرد سالیسیلیک اسید+کائولین در غلظت‌های ذکر شده) و کم‌آبیاری (در سه سطح ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی درخت) بود. درختان به فاصله ۶×۶ (متر) کشت شده و هر واحد آزمایشی شامل ۲ درخت بود. با استفاده از داده‌های روزانه هواشناسی ایستگاه سینوپتیک سرپل ذهاب و با استفاده از معادله پنمن مانتیث (نرم‌افزار ETo calculator)، تبخیر و تعرق بالقوه و نیاز آبی درختان از اوایل اردیبهشت ماه تا اوایل آبان ماه زمان شروع مجدد بارندگی محاسبه شد. آبیاری هر سه روز یک‌بار بر اساس روش فوق‌الذکر با اندازه‌گیری تبخیر و تعرق روزانه و حجم آب موردنیاز با در نظر گرفتن ضرایب گیاهی زیتون و به روش آبیاری قطره‌ای انجام گرفت. روی هر ردیف نیز یک کنتور حجمی جهت برآورد حجم آب مورد استفاده درختان تعبیه شد. تیمار سالیسیلیک اسید در دو مرحله، قبل از گلدهی (۱۰ فروردین) و رشد سریع میوه (هفته اول تیر)، انجام گرفت. همچنین تیمار کائولین به شکل محلول‌پاشی برگی در دو مرحله شامل اول تیر و اول مرداده ماه اعمال شد. مقدار محلول مصرف‌شده در هر تیمار برای هر درخت ۵۰۰ سی‌سی در غلظت‌های ذکر شده بود (۵). برای تیمار شاهد از آب مقطر استفاده شد. سایر عملیات مراقبت و نگهداری از درختان به‌طور یکسان در همه تیمارها اعمال شد. به‌منظور اندازه‌گیری صفات در پایان دوره تنش، در دو سال پیاپی در مهرماه و قبل از شروع بارندگی، نمونه‌ها از شاخه‌های وسط تاج و قسمت میانی شاخه جمع‌آوری شد (۱۸). نمونه‌های برگی جهت اندازه‌گیری صفات مربوطه از طریق تانک ازت به فریزر ۸۰- درجه سانتی‌گراد منتقل شده و صفات به شرح زیر اندازه‌گیری شد.

درصد روغن

درصد روغن میوه زیتون با حلال دی اتیل اتر با استفاده از سوکسله استخراج گردید (۱۸).

محتوای رطوبت نسبی

برای اندازه‌گیری محتوای رطوبت نسبی طبق دستورالعمل گوسی و همکاران (۱۵) قطعاتی از برگ (از قسمت میانی پهنک و بدون رگبرگ اصلی) انتخاب و وزن‌تر آن‌ها تعیین گردید. به‌منظور تعیین وزن برگ در حالت تورژسانس، قطعات برگ به مدت ۲۴ ساعت در شدت نور کم و دمای ۴ درجه سانتی گراد در داخل آب مقطر قرار گرفتند. قطعات آماس یافته دوباره وزن شدند. به دنبال آن برگ‌ها در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شده و وزن خشک آن‌ها نیز اندازه‌گیری شد. محتوی رطوبت نسبی (بر حسب درصد) از رابطه ۱ به دست آمد.

$$\%RWC = \frac{W_f - W_d}{W_t - W_d} \times 100 \quad \text{رابطه ۱}$$

در این رابطه RWC: محتوای رطوبت نسبی، W_f: وزن تر برگ، W_d: وزن خشک برگ و W_t: وزن برگ در حالت آماس بود.

پرولین

تهیه عصاره و اندازه‌گیری پرولین برگ به روش بیتز و همکاران (۲) انجام شد. برای عصاره گیری، ابتدا ۰/۳ گرم از بافت برگ تازه با ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک ۳ درصد در هاون چینی ساییده شد. سپس نمونه‌ها با سرعت ۱۰ هزار دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شد. مقدار ۲ میلی‌لیتر از عصاره نمونه جداشده و به آن ۲ میلی‌لیتر معرف نین هیدرین و سپس، ۲ میلی‌لیتر اسید استیک گلایسیال اضافه شد. پس‌ازآن، نمونه‌ها به مدت یک ساعت در داخل بن ماری با دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد قرار داده شدند. پس از خنک کردن نمونه‌ها در آب یخ، ۴ میلی‌لیتر تولوئن به هر نمونه اضافه و به خوبی تکان داده شد تا پرولین وارد فاز بالایی گردد. سپس، نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه به حال سکون رها شدند و نهایتاً میزان جذب آن‌ها به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۵ نانومتر و با استفاده از تولوئن به‌عنوان شاهد تعیین گردید. میزان پرولین نمونه‌های برگ بر حسب میکرومول در گرم وزن تر برگ محاسبه گردید.

نشت یونی

برای اندازه‌گیری نشت یونی ۲۰ دیسک برگی با قطر یک سانتی‌متر از هر تیمار انتخاب و با استفاده از آب مقطر شستشو شد. نمونه‌ها به لوله آزمایش اختصاصی خود منتقل شده و به آن‌ها ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه گردید. سپس به مدت ۲۴ ساعت نمونه‌ها با سرعت ۱۵۰ دور در دقیقه تکان داده شدند و پس‌ازآن EC_1 نمونه‌ها قرائت شد. سپس نمونه‌ها به اتوکلاو با دمای ۱۲۰ سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه منتقل شده و پس از سرد شدن دوباره EC_2 قرائت شد. بر اساس نسبت EC_1/EC_2 میزان نشت یونی محاسبه شد.

کلروفیل

برای اندازه‌گیری کلروفیل میزان یک دهم گرم بافت تازه برگ با استفاده از ۵ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد ساییده شد. سپس نمونه‌ها با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. یک میلی‌لیتر از عصاره رویی برداشته و به آن ۴ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد اضافه شد. سپس جذب نمونه‌ها در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ با استفاده از اسپکتروفتومتر قرائت شد. درنهایت غلظت کلروفیل کل بر اساس میلی‌گرم بر گرم وزن تر گزارش شد (۲۸).

مالون دی آلدهید

برای اندازه‌گیری مالون دی آلدهید که نشان‌دهنده پراکسیداسیون لیپیدهای غشا است ۰/۲ گرم نمونه برگی در ۵ میلی‌لیتر تری کلرواستیک اسید ۱ درصد کوبیده شد. عصاره حاصل با استفاده از دستگاه سانتریفوژ به مدت ۵ دقیقه در ۵۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژشد. سپس به یک میلی‌لیتر از سوسپانسیون صاف شده هر نمونه ۵ میلی‌لیتر تری کلرو استیک اسید ۲۰ درصدی که حاوی ۰/۵ درصد تیوباربیتوریک اسید بود، اضافه شد و در حمام آب گرم ۹۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه قرار گرفت. غلظت مالون دی آلدهید با اندازه‌گیری جذب در طول موج ۵۳۲ و ۶۰۰ نانومتر خوانده شد و بر حسب نانومول برگرم وزن تر گزارش گردید (۲۷).

فنل کل

برای اندازه‌گیری مقدار فنل کل از معرف فولین- سیکالچئو استفاده شد (۲۶) بدین منظور مقدار ۱۰۰ میلی‌گرم نمونه برگ در داخل هاون با اضافه کردن سه میلی‌لیتر متانول ۸۵ درصد و پس از صاف کردن با کاغذ صافی، ۳۰۰ میکرولیتر آن برداشته شد و به آن ۱۵۰۰ میکرولیتر معروف فولین رقیق شده اضافه گردید و به مدت حدود پنج دقیقه در دمای اتاق قرار گرفت. سپس به آن ۱۲۰۰ میکرو لیتر سدیم کربنات هفت درصد افزوده شد و پس از ۱/۵ تا ۲ ساعت تکان دادن روی شیکر در دمای اتاق، جذب محلول در طول موج ۷۶۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. با استفاده از منحنی استاندارد اسید گالیک و در نظر گرفتن نسبت رقیق شدن، مجموع فنل به‌صورت میلی‌گرم اسید گالیک در گرم وزن تازه بیان شد.

کربوهیدرات کل

اندازه‌گیری میزان کربوهیدرات‌های محلول برگ بر اساس روش بایسه و مرکس (۶) انجام گردید. برای تعیین میزان کربوهیدرات نمونه‌ها استانداردهایی ازگلوکز خالص با غلظت‌های ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تهیه و کلیه مراحل آزمایش روی آن‌ها انجام گردید.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

آنالیز آماری و تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. در این پژوهش آنالیز آماری به‌صورت تجزیه مرکب دو ساله انجام گردید.

نتایج

عملکرد کل

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده آبیاری و محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد کل معنی‌دار شد. همچنین اثر متقابل سال× آبیاری در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد کل معنی‌دار شد (جدول ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در زیتون تحت تأثیر سال، آبیاری و محلول‌پاشی برگی

Table 1- ANOVA for the evaluated parameters of olive plant subjected to year, irrigation and foliar application

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد کل Total yield	وزن میوه Fruit weight	محتوی روغن Oil content	محتوای رطوبت نسبی Relative water content	محتوی کلروفیل Chlorophyll content	نشت یونی Ionic leakage	مالون دی آلدهید Malondialdehyde	پرولین Proline	کربوهیدرات Carbohydrate	فنل کل Total phenol
تکرار Replicate (R)	2	146488	0.003	0.62	15.96	0.005	0.50	0.08	28.58	2.52	0.89
سال Year (Y)	1	11815ns	9.325**	62.33**	0.44ns	0.099*	285.73**	7.93**	569.91**	111.72**	9.94*
آبیاری Irrigation (I)	2	6326852**	0.044ns	6.23**	405.22**	1.396**	607.88**	72.40**	849.52**	330.08**	283.40**
محلول‌پاشی Foliar (F)	3	3666605**	2.196**	5.11**	34.50**	0.393**	35.05**	10.56**	121.38**	23.112**	20.87**
I×F	6	442291ns	0.079ns	0.23ns	0.68ns	0.097**	4.07ns	0.78*	19.45**	1.41ns	3.08ns
Y×I	2	2677464**	0.002ns	0.24ns	9.13ns	0.074*	15.24**	0.31ns	103.29**	50.57**	3.07ns
Y×F	3	190645ns	0.094ns	0.34ns	0.14ns	0.040ns	3.70ns	1.89**	19.77ns	6.39ns	0.57ns
Y×I×F	6	228609ns	0.168ns	0.21ns	2.35ns	0.019ns	2.18ns	0.21ns	12.33ns	580ns	1.74ns
خطا Error	44	331853	0.174	1.62	7.25	0.022	2.37	0.34	7.66	4.07	1.80
ضریب تغییرات C.V (%)	-	10.45	12.76	10.34	3.14	7.93	8.32	12.37	14.70	12.93	9.25

**معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، *: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ns: عدم معنی‌داری.

** and * represent significant at the 0.01 and 0.05 of probability levels, respectively, and ns represent non- significant.

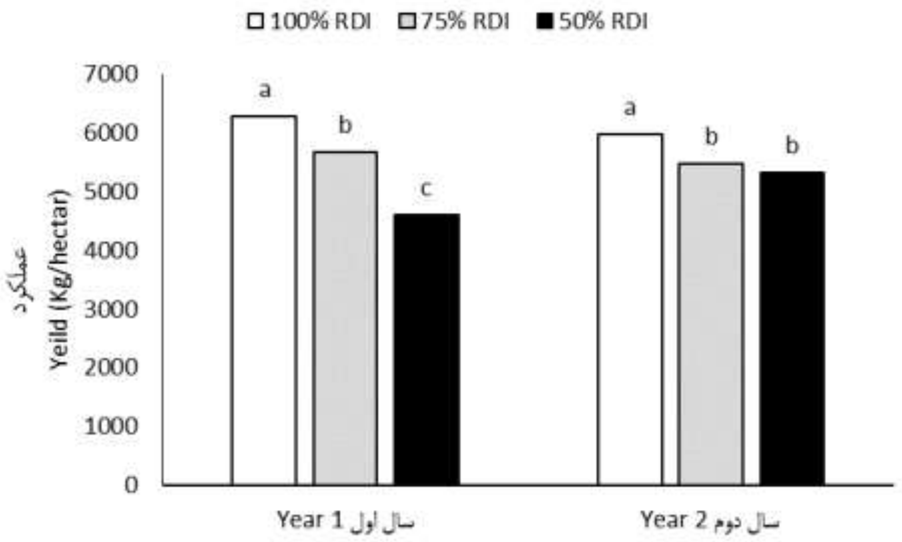
جدول ۲- اثرات ساده سال، آبیاری و محلول‌پاشی بر صفات مورد ارزیابی در زیتون

Table 2- Simple effects of year, irrigation and foliar application on evaluated traits in olive

تیمارها Treatments	سطح تیمارها Treatments levels	عملکرد کل Total yield (kg.ha^{-1})	وزن میوه Fruit weight (g)	محتوی روغن Oil content (%)	محتوای رطوبت نسبی Relative water content (%)	نشت یونی Ionic leakage (%)	کربوهیدرات کل Carbohydrate (mg.g.FW^{-1})	فنل کل Total phenol (mg.g^{-1} GAE)
سال Year	سال اول Year 1	5524a	2.94b	13.13a	85.63a	20.51a	14.35b	14.15b
	سال دوم Year 2	5498a	3.66a	11.27b	85.48a	16.52b	16.84b	14.89a
آبیاری Irrigation	۱۰۰ درصد 100%	5985a	3.35a	11.68b	90.06a	14.28c	11.68c	11.36c
	۷۵ درصد 75 %	5583b	3.30a	12.69a	84.58b	17.19b	16.07b	14.01b
	۵۰ درصد 50 %	4966c	3.26a	12.22ab	82.02c	24.08a	19.05a	18.18a
محلول‌پاشی Foliar application	شاهد Control	4836b	2.84c	11.18b	83.50b	20.60a	14.61b	13.18c
	سالیسیلیک اسید Salicylic acid	5746a	3.24b	12.50a	86.38a	17.81b	17.11a	15.66a
	کائولین Kaolin	5764a	3.51ab	12.30a	85.95a	17.94b	14.87b	14.18a
	سالیسیلیک+کائولین Salicylic+Kaolin	5695a	3.62a	12.80a	86.40a	17.71b	15.80ab	15.04ab

Values followed by different letters were significant difference according to Duncan's Multiple Range Test at $p < 0.05$.

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌دار ندارند.



شکل ۱- اثر سطوح مختلف آبیاری (RDI) بر عملکرد زیتون در دو سال آزمایش

Figure 1- The effect of different levels of irrigation (RDI) on olive yield in two years of experiment

مقایسه میانگین اثرات ساده محلول‌پاشی نشان داد که تیمارهای محلول‌پاشی (سالیسیلیک اسید، کائولین و سالیسیلیک اسید+کائولین) سبب افزایش معنی‌دار عملکرد کل نسبت به شاهد شدند و بین این تیمارها اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). در هر دو سال آزمایش با افزایش سطح کم‌آبیاری میزان عملکرد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. در سال اول کم‌آبیاری، تأثیر منفی بیشتری بر عملکرد گذاشت به‌طوری‌که در سطوح ۷۵ و ۵۰ درصد آبیاری عملکرد کل نسبت به شاهد (۱۰۰ درصد آبیاری) به ترتیب ۱۰ و ۲۶ درصد کاهش یافت (شکل ۱).

وزن میوه

نتایج نشان داد که تنها اثرات ساده سال و محلول‌پاشی بر وزن میوه معنی‌دار شد و اثر ساده آبیاری و همچنین اثرات متقابل بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۱). در سال دوم آزمایش وزن میوه نسبت به سال اول حدود ۲۵ درصد افزایش نشان داد. همچنین نتایج نشان داد که همه تیمارهای محلول‌پاشی نسبت به شاهد وزن میوه را افزایش دادند و تأثیر تیمار ترکیبی سالیسیلیک اسید+کائولین بیشتر از تیمارهای دیگر بود (جدول ۲).

درصد روغن

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده سال و محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد و اثر ساده آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد بر درصد روغن زیتون معنی‌دار شد. هیچ‌کدام از اثرات متقابل بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۱). مقایسه میانگین اثرات ساده نشان داد که سال دوم درصد روغن کمتری از میوه‌های زیتون به دست آمد. کاهش آبیاری در سطح ۷۵ درصد نیاز آبی سبب کاهش معنی‌دار و حدود ۹ درصدی درصد روغن نسبت به آبیاری کامل شد. همچنین نتایج نشان داد که همه تیمارهای محلول‌پاشی درصد روغن را نسبت به شاهد افزایش دادند و بین این تیمارها (سالیسیلیک اسید، کائولین و کاربرد ترکیبی آن‌ها) اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲).

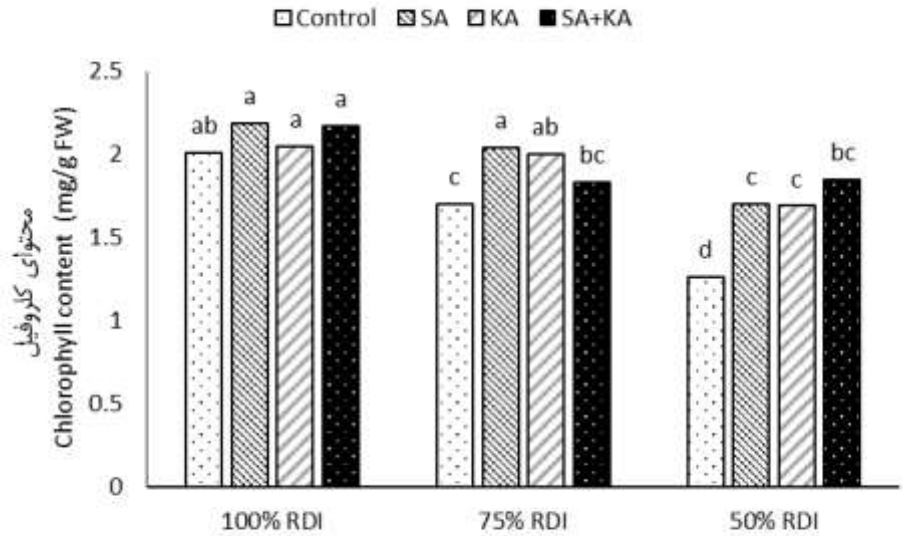
محتوای رطوبت نسبی

نتایج نشان داد که تنها اثرات ساده آبیاری و محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد بر محتوای رطوبت نسبی معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاهش آبیاری سبب کاهش معنی‌دار رطوبت نسبی در برگ‌های زیتون شد. سطوح آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد به ترتیب سبب کاهش ۶ و ۹ درصدی محتوای رطوبت نسبی در برگ‌های زیتون نسبت به آبیاری ۱۰۰ درصد شدند. همچنین همه تیمارهای محلول‌پاشی سبب افزایش معنی‌دار محتوای رطوبت نسبت به شاهد شدند (جدول ۲).

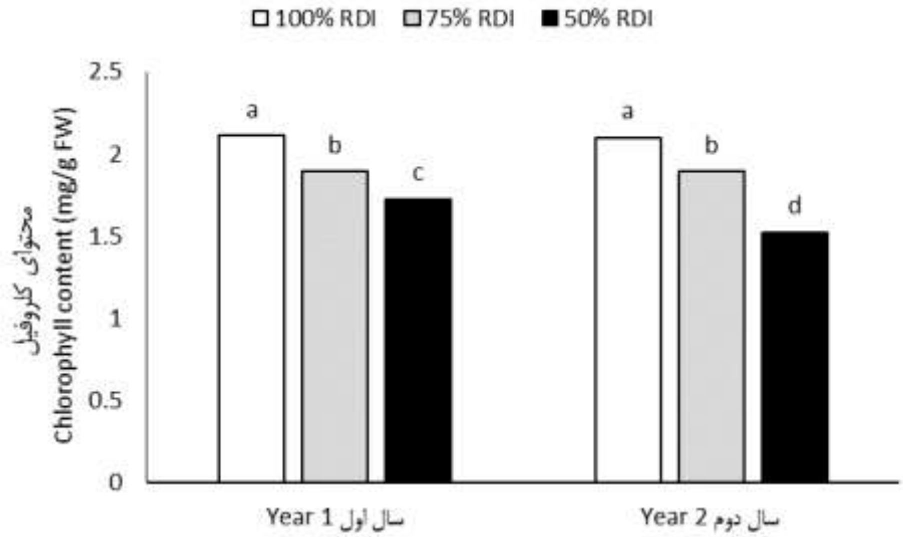
کلروفیل کل

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات آبیاری و محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد و اثر ساده سال در سطح احتمال ۵ درصد بر میزان کلروفیل کل معنی‌دار شد. همچنین اثرات متقابل آبیاری× محلول‌پاشی و سال× آبیاری بر کلروفیل کل معنی‌دار شد (جدول ۱). نتایج نشان داد که در شرایط ۱۰۰ درصد آبیاری،

هیچ‌کدام از تیمارهای محلول‌پاشی تأثیر معنی‌داری بر کلروفیل نداشت، ولی در سطوح آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد همه تیمارهای محلول‌پاشی کلروفیل کل را نسبت به شاهد افزایش دادند (شکل ۲). با کاهش سطح آبیاری میزان کلروفیل کل نیز روند کاهشی داشت (شکل ۲ و ۳). همچنین نتایج نشان داد که در هر دو سال آزمایش کاهش آبیاری به‌طور تقریباً یکسان کلروفیل کل را کاهش داد (شکل ۳).



شکل ۲- اثر محلول‌پاشی برگی کائولین (KA) و سالیسیلک اسید (SA) بر محتوی کلروفیل کل برگ زیتون تحت سطوح مختلف آبیاری (RDI)
Figure 2- The effect of foliar application of kaolin (KA) and salicylic acid (SA) on total chlorophyll content in olive leaf under different levels of irrigation (RDI)

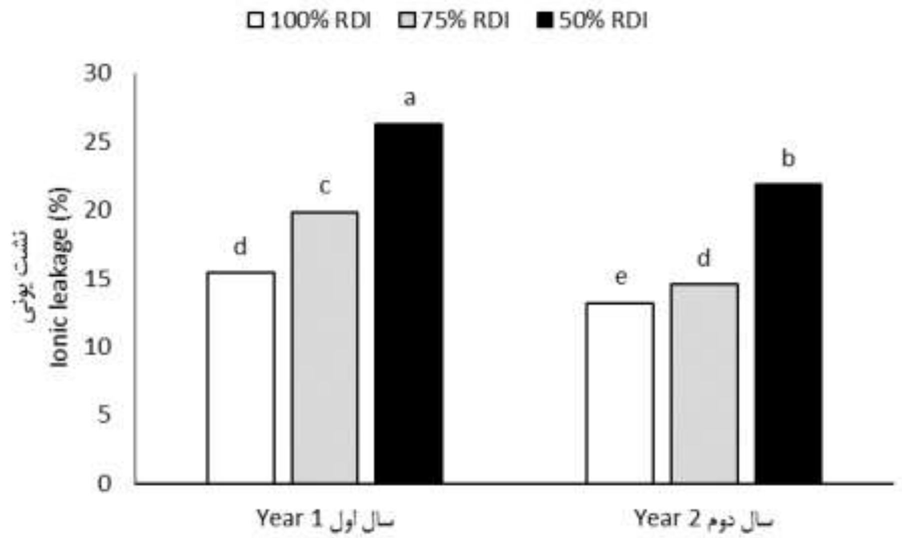


شکل ۳- اثر سطوح مختلف آبیاری (RDI) بر محتوی کلروفیل کل برگ زیتون در دو سال آزمایش
Figure 3- The effect of different levels of irrigation (RDI) on chlorophyll content of olive leaf in two years of experiment

نشت یونی

نشت یونی در برگ‌های زیتون تحت تأثیر سال، آبیاری و محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. همچنین اثر متقابل سال × آبیاری بر این صفت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). نتایج نشان داد که همه تیمارهای

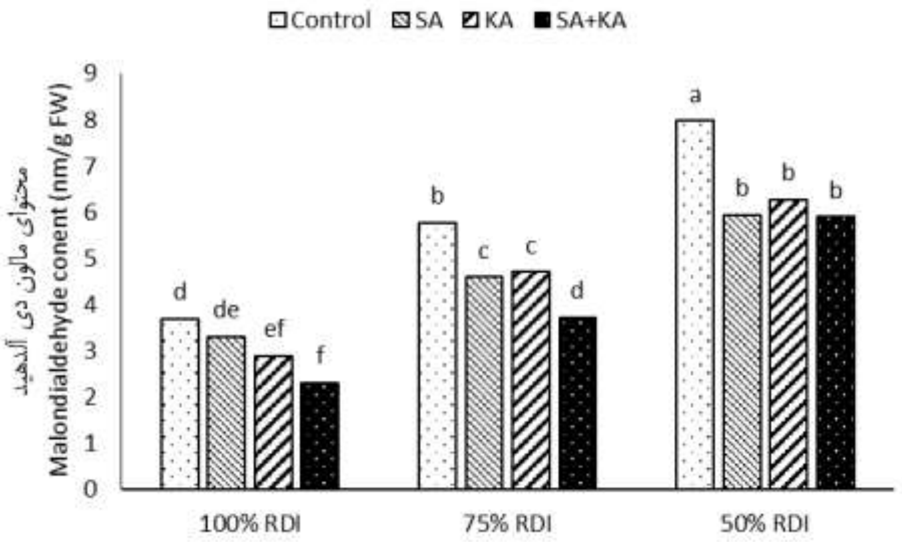
محلول‌پاشی سبب کاهش معنی‌دار نشت یونی در برگ‌های زیتون شدند (جدول ۲). از طرف دیگر نتایج نشان داد که در هر دو سال آزمایش با کاهش آبیاری میزان نشت یونی روند افزایشی داشت. بیشترین میزان نشت یونی (۲۶/۳۱ درصد) در سال اول آزمایش و در آبیاری ۵۰ درصد مشاهده شد که نسبت به همین سطح آبیاری در سال دوم افزایش ۱۷ درصدی را نشان داد (شکل ۴).



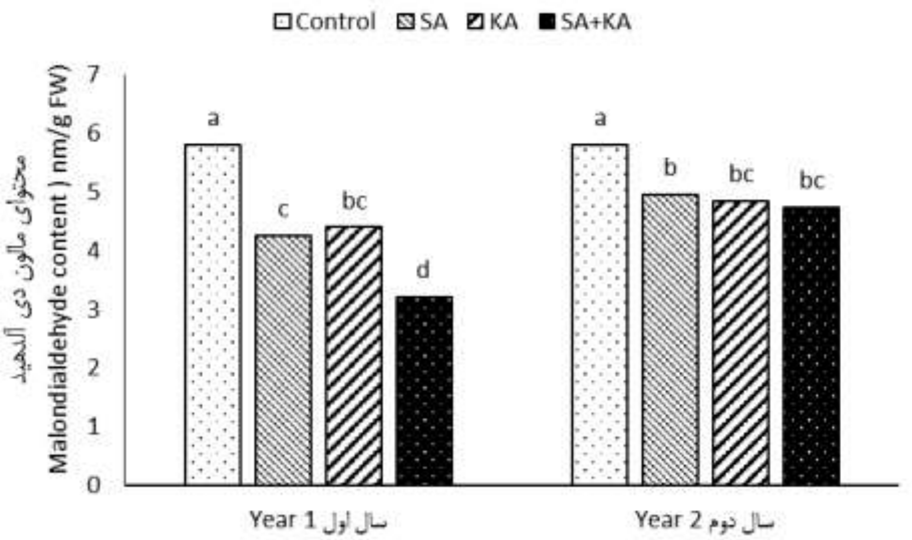
شکل ۴- اثر سطوح مختلف آبیاری (RDI) بر نشت یونی در برگ زیتون در دو سال آزمایش
Figure 4- The effect of different levels of irrigation (RDI) on ionic leakage of olive plant in two years of experiment

مالون‌دی‌آلدهید

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده سال، آبیاری و محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد بر محتوای مالون‌دی‌آلدهید معنی‌دار شد. همچنین اثرات متقابل آبیاری× محلول‌پاشی و سال× محلول‌پاشی بر این صفت معنی‌دار شد (جدول ۱).



شکل ۵- اثر محلول‌پاشی برگی کائولین (KA) و سالیسلک اسید (SA) بر میزان مالون دی آلدهید برگ زیتون تحت سطوح مختلف آبیاری (RDI)
Figure 5- The effect of foliar application of kaolin (KA) and salicylic acid (SA) on malondialdehyde content in olive leaf under different levels of irrigation (RDI)



شکل ۶- اثر محلول‌پاشی برگی کائولین (KA) و سالیسیلک اسید (SA) بر محتوای مالون دی آلدهید زیتون در دو سال آزمایش
Figure 6- The effect of foliar application of kaolin (KA) and salicylic acid (SA) on malondialdehyde content of olive leaf in two years of experiment

در همه سطوح آبیاری استفاده از تیمارهای محلول‌پاشی میزان مالون‌دی‌آلدهید را نسبت به شاهد کاهش داد. بیشترین کاهش مالون‌دی‌آلدهید در تیمار آبیاری ۵۰ درصد مشاهده شد و تیمارهای محلول‌پاشی سبب کاهش ۲۵ درصدی این صفت نسبت به شاهد شدند (شکل ۵). در هر دو سال آزمایش تیمارهای محلول‌پاشی تأثیر معنی‌داری در کاهش مالون‌دی‌آلدهید داشتند ولی در سال اول کمترین مالون‌دی‌آلدهید (۳/۲ نانومول بر گرم وزن تر) در محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید+کائولین به دست آمد (شکل ۶).

پرولین

نتایج نشان داد که اثرات ساده سال، آبیاری و محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد بر میزان پرولین معنی‌دار شد. همچنین اثرات متقابل آبیاری× محلول‌پاشی و سال× آبیاری در سطح احتمال یک درصد بر میزان پرولین معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش سطح آبیاری در هر دو سال آزمایش میزان پرولین به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. در هر دو سال آزمایش سطوح آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد تفاوت معنی‌داری از لحاظ میزان پرولین نداشتند، ولی افزایش پرولین در سال دوم با شدت بیشتری تحت تأثیر کم‌آبیاری قرار گرفت و در سطوح ۷۵ و ۵۰ درصد آبیاری نسبت به ۱۰۰ درصد آبیاری بیش از دو برابر افزایش یافت (شکل ۷). از طرف دیگر در همه سطوح آبیاری تیمار کائولین تأثیر معنی‌داری بر پرولین برگ نداشت ولی تیمار سالیسیلیک اسید میزان پرولین برگ نسبت به شاهد را افزایش داد. همچنین در سطوح ۱۰۰ و ۷۵ درصد آبیاری تیمار سالیسیلک اسید+کائولین پرولین را نسبت به شاهد افزایش داد (شکل ۸).

کربوهیدرات کل

نتایج نشان داد که اثرات ساده سال، آبیاری و محلول‌پاشی و همچنین اثر متقابل سال× آبیاری در سطح احتمال یک درصد آماری بر محتوای کربوهیدرات کل معنی‌دار شد (جدول ۱). نتایج نشان داد که تیمار آبیاری تأثیر متفاوتی بر کربوهیدرات کل در سال‌های مختلف داشت. در سال اول آزمایش، آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی سبب افزایش معنی‌دار کربوهیدرات کل نسبت به ۱۰۰ درصد آبیاری شد ولی در سال دوم تنها آبیاری ۵۰ درصد کربوهیدرات کل را افزایش داد (شکل ۹). مقایسه میانگین اثرات ساده محلول‌پاشی نشان داد که تنها تیمار سالیسیلک اسید سبب افزایش معنی‌دار و ۱۷ درصدی کربوهیدرات کل نسبت به شاهد شد و تیمارهای دیگر تأثیر معنی‌داری بر آن نداشتند (جدول ۲).

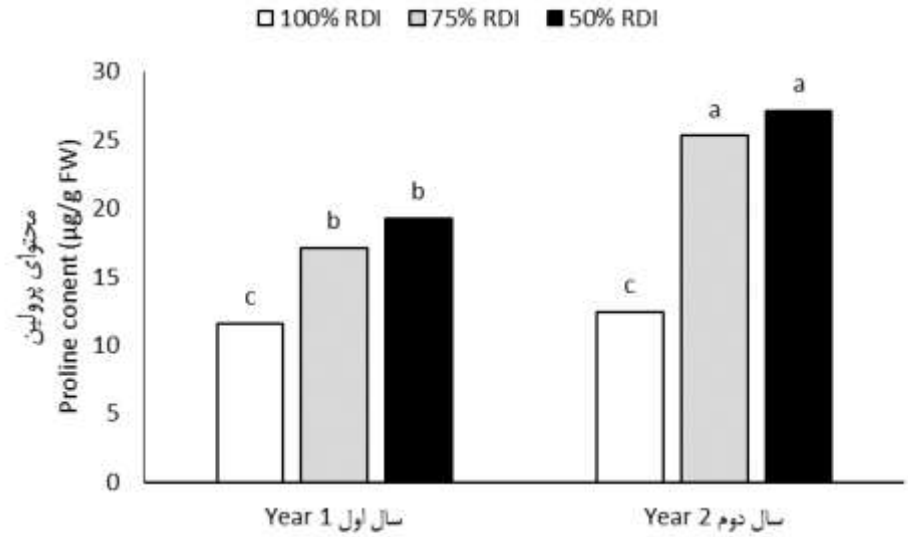
فنل کل

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده سال در سطح ۵ درصد و اثرات ساده آبیاری و محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد بر محتوای فنل کل معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین اثرات ساده نشان داد که در سال دوم آزمایش میزان فنل کل نسبت به سال اول افزایش یافت. با کاهش آبیاری میزان فنل کل روند افزایشی داشت به‌طوری‌که بالاترین میزان فنل کل (۱۸/۱۸ میلی‌گرم

بر گرم وزن تر) در آبیاری ۵۰ درصد مشاهده شد که نسبت به آبیاری ۱۰۰ درصد افزایش ۴۰ درصدی داشت. همچنین همه تیمارهای محلول‌پاشی سبب افزایش معنی‌دار فنل کل نسبت به شاهد شدند (جدول ۲).

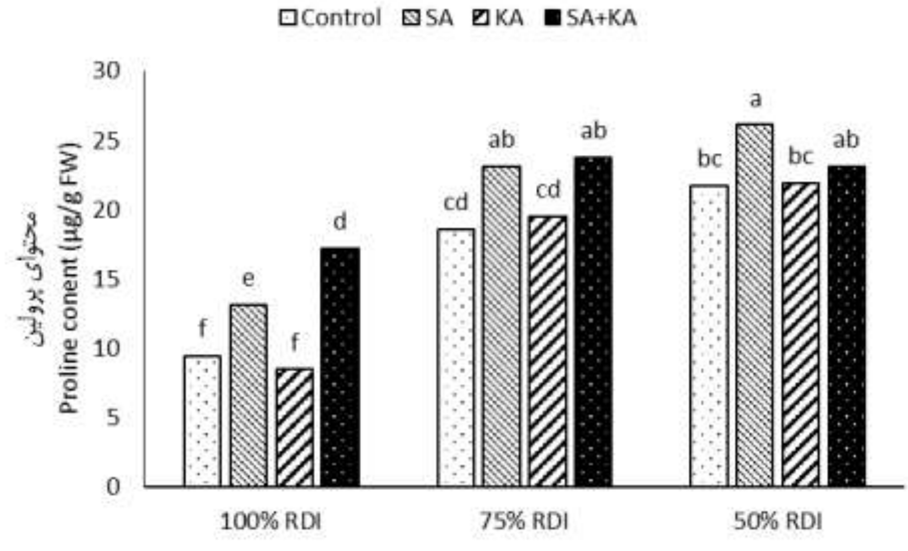
بحث

اگرچه درخت زیتون یک گیاه متحمل به تنش خشکی است ولی وقوع تنش خشکی در این گیاه به دلیل همراه شدن با شرایط گرم و تابش زیاد می‌تواند منجر به کاهش عملکرد شود (۳). نتایج این تحقیق نشان داد که عملکرد کل در درختان زیتون در اثر اعمال تیمار کم‌آبیاری در سال‌های مختلف کاهش یافت.



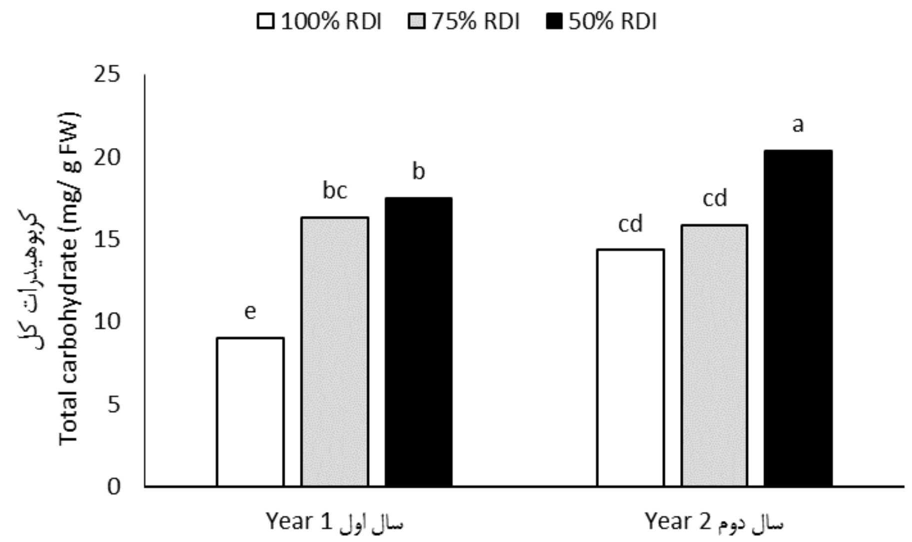
شکل ۷- اثر سطوح مختلف آبیاری (RDI) بر میزان پرولین برگ زیتون در دو سال آزمایش

Figure 7- The effect of different levels of irrigation (RDI) on proline content of olive leaf in two years of experiment



شکل ۸- اثر محلول‌پاشی برگی کائولین (KA) و سالیسیلک اسید (SA) بر میزان پرولین برگ زیتون تحت سطوح مختلف آبیاری (RDI)

Figure 8- The effect of foliar application of kaolin (KA) and salicylic acid (SA) on proline in olive tree under different levels of irrigation (RDI)



شکل ۹- اثر سطوح مختلف آبیاری (RDI) بر محتوی کربوهیدرات کل در برگ زیتون در دو سال آزمایش

Figure 9- The effect of different levels of irrigation (RDI) on total carbohydrate content of olive leaf in two years of experiment

در این رابطه گزارش شده است که کمبود آب همراه با دمای بالا و کاهش رطوبت جو منجر به کاهش محتوای رطوبت نسبی در برگ‌های زیتون تحت تنش خشکی می‌شود (۴). گیوریو و همکاران (۱۳) گزارش کردند که محتوای رطوبت نسبی یک شاخص مهم در ارزیابی تحمل به تنش خشکی در گیاه است و با ظرفیت فتوسنتزی گیاه رابطه مثبت دارد (۷).

بر این اساس در دوره تنش خشکی گیاهانی که محتوای رطوبت نسبی بالاتری داشته باشند، پتانسیل آماس آن‌ها بهتر حفظ شده و شرایط برای رشد و عملکرد بالاتر مهیا می‌شود (۷). از طرف دیگر نتایج این تحقیق نشان داد که تنش خشکی در گیاه زیتون سبب کاهش کلروفیل شد که با نتایج ژرفل و همکاران (۱۶) مطابقت دارد. درجه حرارت بالا و شرایط تنش خشکی با فعال‌سازی آنزیم کلروفیلاز که باعث تخریب کلروفیل می‌شوند، مقدار رنگدانه های فتوسنتزی را کاهش می‌دهد (۱۹). همچنین در شرایط تنش خشکی رادیکال‌های آزاد تولید شده تخریب کلروفیل را افزایش می‌دهند و با حمله به غشاهای سلولی منجر به آسیب غشا و تجمع مالون‌دی‌آلدهید می‌شوند (۳۰). گیاهان برای مقابله با تنش اکسیداتیو سطح آنتی‌اکسیدان‌های خود را افزایش می‌دهند و تجمع اسمولایت‌هایی مانند پرولین افزایش می‌یابد. بنابراین انرژی گیاه بیشتر صرف مقابله با شرایط تنش شده و رشد و عملکرد گیاه کاهش می‌یابد (۳ و ۹). بنابراین، در تحقیق حاضر می‌توان نتیجه گرفت که شرایط تنش خشکی در درخت زیتون با کاهش محتوای رطوبت نسبی، کاهش کلروفیل و همچنین افزایش تنش اکسیداتیو منجر به کاهش عملکرد در این گیاه می‌شود.

نتایج نشان داد که محلول‌پاشی درختان زیتون با سالیسیلیک اسید و کائولین سبب کاهش نشت یونی و مالون دی آلدهید شده و میزان محتوای رطوبت نسبی، کلروفیل، فنل و عملکرد کل را نسبت به شاهد بهبود دادند. همچنین محلول‌پاشی به‌وسیله سالیسیلیک اسید سبب افزایش معنی‌دار پرولین و کربوهیدرات کل شده و تیمار کائولین تأثیر معنی‌داری بر این صفات نداشت. به نظر می‌رسد که کاهش آسیب اکسیداتیو و همچنین بهبود عملکرد در ارقام زیتون در شرایط مختلف رطوبتی، بیانگر مکانیسم‌های دفاعی ایجاد شده به وسیله کاربرد خارجی سالیسیلیک اسید و کائولین باشد. در این رابطه گزارش شده است که تیمار کائولین با انعکاس اشعه ماورا بنفش از برگ و میوه، درجه حرارت شاخساره گیاه را به میزان قابل توجهی کاهش داده و در نتیجه اثر تنش کم‌آبی بر گیاه را به حداقل می‌رساند (۱). اثر بعدی این کاهش دما منجر به کاهش آسیب اکسیداتیو، کاهش تخریب کلروفیل، حفظ محتوای رطوبتی و در نتیجه بهبود عملکرد گیاهان در شرایط تنش است. این نتایج در مورد ارقام مختلف زیتون در نقاط مختلف دنیا تحت تنش خشکی گزارش‌شده است (۵ و ۷). در تحقیق حاضر نیز درختان تیمار شده با کائولین محتوای کلروفیل، رطوبت نسبی، عملکرد و درصد روغن بالاتری نسبت به تیمار شاهد داشته و همچنین تیمار کائولین سبب کاهش معنی‌دار مالون دی آلدهید و نشت یونی شد. در مورد پرولین و کربوهیدرات کل، که به‌عنوان اسمولایت در شرایط تنش تولید می‌شوند، تیمار کائولین تأثیر معنی‌داری بر آن‌ها نداشت. به‌طور مشابه با این نتایج، شوولر و همکاران (۲۵) گزارش دادند که تیمار کائولین تأثیر معنی‌داری بر تجمع پرولین در گیاه کتان تحت تنش خشکی نداشت. همچنین گزارش شده‌است که کاربرد کائولین با کاهش آثار تنش بر گیاه سبب

کاهش تجمع پرولین می‌شود (۱). با توجه به این نتایج می‌توان بیان کرد که تیمار کائولین با کاهش دمای برگ و همچنین حفظ محتوای رطوبت نسبی آثار تنش بر گیاه را کاهش داده و در نتیجه از تجمع پرولین و کربوهیدرات در شرایط تنش جلوگیری می‌کند.

سالیسیلیک اسید یک مولکول ساده در مقاومت به خشکی در بسیاری از گونه‌های گیاهی می‌باشد. سالیسیلیک اسید می‌تواند فرآیندهای متابولیکی مختلف گیاه را تنظیم کند، سیستم آنتی‌اکسیدانی را فعال کند، تولید اسمولیت‌های متنوع و متابولیت‌های ثانویه را تعدیل کرده و وضعیت مواد مغذی را حفظ کند، بنابراین نقش اساسی در تحمل شرایط تنش را بر عهده دارد (۲۰). در تحقیق حاضر نیز استفاده از تیمار سالیسیلیک اسید سبب افزایش کلروفیل، رطوبت نسبی، پرولین، کربوهیدرات و فنل کل شده و در نتیجه عملکرد گیاهان تیمار شده با سالیسیلیک بالاتر از گیاهان شاهد بود. به‌طور مشابه با این نتایج بریتو و همکاران (۵) گزارش دادند که تیمار سالیسیلیک اسید در گیاهان زیتون تحت تنش خشکی سبب افزایش تجمع اسمولایت‌ها، بهبود فتوسنتز، افزایش محتوای رطوبت نسبی و کلروفیل شده و از این طریق تحمل گیاه نسبت به شرایط تنش را افزایش داد. همچنین گزارش‌شده است که تجمع ترکیبات فنلی در گیاهان با استفاده از تیمار سالیسیلیک اسید می‌تواند به تحمل شرایط تنش توسط گیاه کمک کند (۲۰). بنابراین کاهش آثار منفی تنش خشکی و افزایش عملکرد گیاهان با استفاده از تیمارهای سالیسیلیک اسید و کائولین نشان‌دهنده مؤثر بودن این تیمارها در افزایش تحمل تنش در گیاهان می‌باشد. در تحقیق حاضر اثربخشی کاربرد ترکیبی سالیسیلیک اسید و کائولین نیز ارزیابی قرار گرفت. در بیشتر صفات مورد ارزیابی کاربرد ترکیبی این دو ماده اثر مشابه با کاربرد جداگانه آن‌ها داشت. در مورد عملکرد کل تیمارهای سالیسیلیک، کائولین و سالیسیلیک+کائولین تأثیر یکسانی بر این صفت داشتند. این نتایج ممکن است به دلیل مکانیسم متفاوت این مواد در القا تحمل شرایط تنش برای گیاه باشد.

عوامل محیطی (تغذیه، دما، نور و میزان دسترسی به آب)، ژنوتیپ، درجه رسیدن و همچنین عوامل زراعی و فناوری بر مقدار و ترکیب شیمیایی روغن‌های زیتون تأثیر می‌گذارند (۲۱). نتایج این تحقیق نشان داد که شرایط کم‌آبیاری در سطح ۷۵ درصد نیاز آبی سبب افزایش درصد روغن شد. به‌طور مشابه با این نتایج، غلامی و همکاران (۱۲) گزارش دادند که ارقام مختلف زیتون واکنش متفاوتی به کمبود آب نشان می‌دهند و کم‌آبیاری تنظیم‌شده مداوم در ارقام میشن و آمفیسس سبب افزایش درصد روغن و در رقم روغنی سبب کاهش درصد روغن می‌شود. همچنین نتایج تحقیق حاضر نشان داد که استفاده از تیمارهای سالیسیلیک اسید و کائولین سبب افزایش درصد روغن میوه شد. گزارش‌شده است که دما می‌تواند با تأثیر بر ژن‌های درگیر در مسیر بیوسنتز اسیدهای چرب مانند b-ketoacyl-ACP synthates و stearoyl-ACPD9-desaturase بر ترکیب و محتوای اسیدهای چرب تأثیر بگذارد (۱۷). بنابراین، کائولین ممکن است از طریق تغییر بیان ژن‌ها، بر فعالیت آنزیم‌های درگیر در فرآیند بیوسنتز اسیدهای چرب تأثیر گذاشته و از طریق کاهش دمای برگ و میوه و تهیه شرایط سردتر در شاخساره گیاه، بر درصد روغن تأثیر گذارد (۱۹). از طرف دیگر، سالیسیلیک اسید به‌عنوان یک مولکول پیام‌رسان در پاسخ گیاهان به شرایط تنش دخالت دارد (۲۰). کاربرد سالیسیلیک اسید در برخی از گونه‌های گیاهی از جمله زیتون با تغییر فیزیولوژی گیاه سبب افزایش اسیدهای چرب شده‌است (۵ و ۱۹). بنابراین به نظر می‌رسد که تیمارهای کائولین و سالیسیلیک علاوه بر کاهش آثار تنش و افزایش عملکرد ناشی از آن تأثیر مثبتی در افزایش اسیدهای چرب میوه زیتون داشته باشند.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج این تحقیق نشان داد که آبیاری در سطوح ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی تأثیر منفی بر عملکرد زیتون رقم زرد دارد. کم‌آبیاری سبب کاهش کلروفیل و محتوای رطوبت نسبی شده و نشت یونی، مالون دی آلدهید، کربوهیدرات کل، فنل، پرولین و درصد روغن را افزایش داد. استفاده از کائولین و سالیسلک اسید آثار تنش خشکی بر گیاه را کاهش داده و سبب افزایش عملکرد در این گیاه شدند. این نتایج در ارتباط با افزایش کلروفیل، رطوبت نسبی، فنل و تغییر اسمولایت‌هایی مانند پرولین و کربوهیدرات بود. در بیشتر صفات مورد ارزیابی کاربرد هم‌زمان اسید سالیسیلیک و کائولین تأثیر هم‌افزایی نداشت و کاربرد جداگانه اثر مشابه با کاربرد ترکیبی داشت. بنابراین برای کاهش آثار تنش خشکی در درخت زیتون استفاده از کائولین یا سالیسیلیک اسید توصیه می‌شود.

منابع

1. Abdallah M.M.S., El-Bassiouny H.M.S., and AbouSeeda M.A. 2019. Potential role of kaolin or potassium sulfate as anti-transpirant on improving physiological, biochemical aspects and yield of wheat plants under different watering regimes. Bulletin of the National Research Centre 43: 134-142.
2. Bates L.S., Waldren R.P., and Teare I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil 39(1): 205-207.
3. Brito C., Dinis L.T., Moutinho-Pereira J., and Correia C.M. 2019. Drought stress effects and olive tree acclimation

under a changing climate. Plants 232: 1-20.

4. Brito C., Dinis L.T., Meijón M., Ferreira H., Pinto G., Moutinho-Pereira J., and Correia C. 2018. Salicylic acid modulates olive tree physiological and growth responses to drought and rewatering events in a dose dependent manner. Journal of Plant Physiology 230: 21-32.
5. Brito C., Dinis L.T., Silva E., Gonçalves A., Matos C., Rodrigues M.A., and Correia C. 2018. Kaolin and salicylic acid foliar application modulate yield, quality and phytochemical composition of olive pulp and oil from rainfed trees. Scientia Horticulturae 237: 176-183.
6. Buysse J.A.N., and Merckx R. 1993. An improved colorimetric method to quantify sugar content of plant tissue. Journal of Experimental Botany 44(10): 1627-1629.
7. Denaxa N.K., Roussos P.A., Damvakaris T., and Stournaras V. 2012. Comparative effects of exogenous glycine betaine, kaolin clay particles and Ambiol on photosynthesis, leaf sclerophylly indexes and heat load of olive cv. Chondrolia Chalkidikis under drought. Scientia Horticulturae 137: 87-94.
8. Fathian F., Morid S., and Kahya E. 2015. Identification of trends in hydrological and climatic variables in Urmia Lake basin, Iran. Theoretical and Applied Climatology 119: 443–464.
9. Fernandes-Silva A.A., Ferreira T.C., Correia C.M., Malheiro A., and Villalobos F.J. 2010. Influence of differentirrigation regimes on crop yield and water use efficiency of olive. Plant and Soil 333: 35–47.
10. Gholami R., and Zahedi S.M. 2019. Identifying superior drought-tolerant olive genotypes and their biochemical and some physiological responses to various irrigation levels. Journal of Plant Nutrition 42: 2057-2069.
11. Gholami R., and Zahedi S.M. 2019. Reproductive behavior and water use efficiency of olive trees (*Olea europaea* L. cv Konservolia) under deficit irrigation and mulching. Erwerbs-Obstbau 61: 331-336.
12. Gholami R., Sarikhani H., and Arji I. 2017. Effects of deficit irrigation on vegetative growth, yield and fruit quality in three olive oil cultivars. Iranian Journal of Horticultural Science 48: 191-201. (In Persian with English abstract)
13. Giorio P., Sorrentino G., and d' Andria R., 1999. Stomatal behaviour, leaf water status and photosynthetic response in field-gown olive trees under water deficit. Environmental and Experimental Botany 42: 95–104.
14. Gleen D.M. 2012. The mechanisms of plant stress mitigation by kaolin-based particle films and applications in horticultural and agricultural crops. HortScience 47: 710-711.
15. Gucci R., Lombardini L., and Tattini M. 1997. Analysis of leaf water relations in leaves of two olive (*Olea europaea* L.) cultivars differing in tolerance to salinity. Tree Physiology 17: 13-21.
16. Guerfel M., Baccouri O., Boujnah D., Chaïbi W., and Zarrouk M. 2009. Impacts of water stress on gas exchange, water relations, chlorophyll content and leaf structure in the two main Tunisian olive (*Olea europaea* L.) cultivars. Scientia Horticultureae 119: 257–263.
17. Hernndez M.L., Padilla M.N., Sicardo M.D., Mancha M., and Martnez-Rivas J.M. 2011. Effect of different environmental stresses on the expression of oleatedesaturase genes and fatty acid composition in olive fruit. Phytochemistry 72: 178–187.
18. I.O.O.C. 2002. Methodology for the secondary characterization (agronomic, phonological, pomological and oil quality) of olive varieties held in collection. Project on conservation, characterization, collection of Genetic Resources in olive. International Olive Oil Council. 23p.
19. Khaleghi E, Arzani K., Moallemi N., and Barzegar M. 2015. The efficacy of kaolin particle film on oil quality indices of olive trees (*Olea europaea* L.) cv. 'Zard'grown under warm and semi-arid region of Iran. Food Chemistry 166: 35-41.
20. Khan M.I.R., Fatma M., Per T.S., Anjum N.A., and Khan N.A. 2015. Salicylic acid-induced abiotic stress tolerance and underlying mechanisms in plants. Frontiers in Plant Science, 462: 1-17.
21. Martinelli F., Remorini D., Saia S., Massai R., and Tonutti P. 2013. Metabolic profiling of ripe olive fruit in response to moderate water stress. Scientia Horticulturae 159: 52-58.
22. Nakano A., and Uehara, Y. 1996. The effects of kaolin clay on cuticle transpiration in tomato. In International Symposium on Plant Production in Closed Ecosystems 440: 233-238.
23. Nazar R., Umar S., Khan N.A., and Sareer O. 2015. Salicylic acid supplementation improves photosynthesis and growth in mustard through changes in proline accumulation and ethylene formation under drought stress. South African Journal of Botany 98: 84-94.
24. Raskin I. 1992. Role of salicylic acid in plants. Annual Review of Plant Biology, 43: 439- 463.
25. Showler, A.T. 2002. Effects of water deficit stress, shade, weed competition, and kaolin particle film on selected foliar free amino acid accumulations in cotton, *Gossypium hirsutum* (L.). Journal of Chemical Ecology 28(3): 631-651.
26. Singleton V.L., and Rossi J.A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American journal of Enology and Viticulture 16(3): 144-158.
27. Stewart R.R., and Bewley J.D. 1980. Lipid peroxidation associated with accelerated aging of soybean axes. Plant Physiology 65(2): 245-248.
28. Strain H.H., and Svec W.A. 1966. Extraction, separation, estimation, and isolation of the chlorophylls.

Chlorophylls 21-66.

29. Talozi S., and Alwaked L. 2016. The effects of regulated deficit irrigation on the water demand and yield of olive trees. Applied Engineering in Agriculture 32: 55-62.
30. Yordanov I., Velikova V., and Tsonev T. 2000. Plant responses to drought, acclimation, and stress tolerance. Photosynthetica 38(2): 171-186.

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.4, Winter 2022, P. 605-619
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۶۱۹-۶۰۵
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Evaluation of the Effects of Kaolin and Salicylic Acid on Yield and some Physiological Responses of Olives under Drought Stress

S. Azizifar[1]- V. Abdossi[2*]- R. Gholami[3]- M. Ghavami[4]- A. Mohammadi Torkashvand[5]

Received: 05-01-2021
Accepted: 27-04-2021

Introduction: The availability of water for irrigating crops is one of the serious challenges at present and the future of the world. Drought stress has harmful effects on plant growth and productivity, though bringing some serious changes in plant physiology and biochemistry. Drought reduces plant growth and yield by having negative effects on plants water potential, cell division, photosynthesis activity, chlorophyll content, and protein synthesis. Although olive naturally tolerates drought, studies had shown that drought undermines its growth, yield and photosynthesis. Employing some appropriate transpiration-reducing approaches could induce olive tolerance towards water deficiency. In this regard, kaolin, through raising light reflection and diminishing the rate of transpiration, is able to lessen leaf temperature in the stressed plants. Salicylic acid (SA), as a strong signaling molecule in plants, regulates physiological and biochemical functions effective in defense mechanisms and also boosts biological and non-biological factors involved in augmenting plants.. The major roles of SA in drought- stressed plants are as follows: activation of antioxidant defense system, production of secondary metabolites, synthesis of osmolytes, optimization of mineral status and maintenance of proper balance between plant photosynthesis and growth. Although some information over effects of SA and kaolin individually on stressed plants is available, to the best of our knowledge, their simultaneous effects on plants under stressful conditions has not been investigated yet. Therefore, the present study was aimed to investigate different applications of SA and kaolin (i.e. individually and simultaneously) on field-grown olives under drought condition.

Materials and Methods: This research was conducted in Dalahu Olive Research Station located in Kermanshah province. This experiment was designed as a factorial experiment in the form of a randomized complete block design with 3 replications. Factors included different foliar spraying (i.e. control, 1 mM SA, 2.5% kaolin, and a combination of them in the mentioned concentrations) and irrigation at three levels (i.e. 100, 75, and 50% of water requirement). Irrigation was performed based on three-day interval schedule according to the above method by measuring daily evapotranspiration and required volume of water by considering the plant coefficients of olives and by drip irrigation.

Results and Discussion: Although olive tree is a drought-tolerant plant, drought diminished its yield. The results of this study demonstrated a decrease in total yield of olive trees due to water deficit in different years. In this regard, water deficit under high temperature and low atmospheric humidity are believed to bring about a reduction in yield of drought-stressed olive. The results of this research showed that the foliar application of SA and kaolin on olive trees led to a reduction in ionic leakage and malondialdehyde (MDA) and an increase in RWC, chlorophyll content, phenol and total yield, as compared to the control. Foliar application of SA caused a significant increase in proline content and total carbohydrates, while kaolin had no significant effect on aforementioned traits. It seems that a reduction in oxidative damage and an increase in yield of olive cultivars under different irrigations manifested several defense mechanisms induced by exogenous application of SA and kaolin. In this context, kaolin was found to protect leaves and fruits from harmful ultraviolet rays and this remarkably improves the performance of drought-stressed plants by a decrease in the ambient temperature of plants in order to mitigate deleterious effects of drought such as oxidative damage, chlorophyll degradation, and lowering RWC. These results have been substantiated for different olive cultivars at different parts of the world

1, 2 and 5- Ph.D. Student and Associate Professors, Department of Horticultural Corps and Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: abdossi@srbiau.ac.ir)
3- Assistant Professor, Crop and Horticultural Science Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kermanshah, Iran
4- Professor, Department of Food Science and Technology, College of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
DOI: 10.22067/JHS.2021.67469.1002

under this condition.

In the present study, SA increased chlorophyll content, RWC, proline content, carbohydrate and total phenol; as a result, the yield of SA- treated plants was higher than that in control plants. Similarly, Brito et al (5) reported that applying SA on drought-stressed olive improved osmolate accumulation, photosynthesis activities, RWC and chlorophyll content. The accumulation of phenolic compounds in SA-treated plants is believed to protect plants against stressful conditions. Therefore, the role of SA and kaolin in alleviating drought in favor of enhancing plants yield represents their efficiency under such condition. In the present study, we also employed a combination of SA and kaolin and the results showed no synergistic function between them on most traits. Therefore, to reduce the effects of drought on olive tree, it is recommended to utilize SA or kaolin separately.

Keywords: Carbohydrate, Deficit irrigation, Oil percentage, Phenol, Proline